

PENENTUAN DENDA PROGRESIF BAGI KENDARAAN DENGAN BEBAN BERLEBIH DI JALAN TOL SURABAYA - GEMPOL

Muizzudin Ridwan¹, Tri Basuki Joewono²
Universitas Katolik Parahyangan, Indonesia^{1,2}
Email: muizzudin.ridwan@gmail.com¹

Abstrak

Praktik kendaraan dengan muatan berlebih (overload) menjadi tantangan besar yang mempercepat kerusakan jalan dan meningkatkan biaya pemeliharaan. Studi ini bertujuan untuk mengidentifikasi dampak muatan berlebih terhadap peningkatan biaya pemeliharaan jalan dan menentukan denda progresif yang dapat dikenakan pada kendaraan dengan muatan berlebih. Penelitian ini berfokus pada jalan tol Surabaya-Gempol, yang memiliki proporsi kendaraan overload yang tinggi dibandingkan dengan jalan tol lainnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan muatan berlebih secara signifikan meningkatkan nilai Vehicle Damage Factor (VDF), yang berdampak pada kenaikan biaya lapis ulang jalan. Penetapan denda progresif diusulkan sebagai solusi untuk mengurangi praktik overload dan sebagai pengganti dari peningkatan biaya pemeliharaan jalan. Dengan demikian, penelitian ini menawarkan pendekatan yang lebih adil dan berkelanjutan dalam pengelolaan jalan tol. Pada kondisi normal, total biaya pemeliharaan mencapai sekitar Rp197,2 miliar, namun dengan muatan berlebih 5% hingga 30%, biaya tersebut meningkat hingga Rp392,8 miliar. Denda per kilometer untuk kendaraan dikategorikan ke dalam beberapa golongan sesuai dengan sistem penggolongan tarif tol saat ini. Sebagai contoh perhitungan denda Golongan II, yang mencakup truk 2 sumbu dan bus kecil, memiliki rata-rata denda mulai dari Rp42.96 per kilometer untuk muatan berlebih sebesar 5% hingga Rp771.36 per kilometer untuk muatan berlebih sebesar 30%.

Kata kunci: Muatan berlebih, Perbaikan jalan, Faktor perusak, muatan per sumbu roda, perkerasan jalan

Abstract

The practice of operating overloaded vehicles presents a significant challenge, as it accelerates road damage and increases maintenance costs. This study aims to identify the impact of overloading on road maintenance cost escalation and to determine progressive fine that can be imposed on overloaded vehicles. The research focuses on the Surabaya-Gempol toll road, which has a higher proportion of overloaded vehicles compared to other toll roads. The findings reveal that increased overloading significantly raises the Vehicle Damage Factor (VDF), leading to higher road resurfacing costs. A progressive penalty system is proposed as a solution to curb overloading practices and as a means to offset the increased road maintenance expenses. Consequently, this study offers a fairer and more sustainable approach to toll road management. Under normal conditions, total maintenance costs amount to approximately Rp197.2 billion, but with overloading ranging from 5% to 30%, these costs rise to Rp392.8 billion. Penalties per kilometer for vehicles are categorized into several groups according to the current toll classification system. For example, in Category II, which includes two-axle trucks and small buses, average penalties range from Rp42.96 per kilometer for 5% overloading to Rp771.36 per kilometer for 30% overloading.

Keywords: *Overloading, Road repair, Damage factor, Load per axle, Road pavement.*

Pendahuluan

Sebagai prasarana jalan berbayar, jalan tol harus memiliki tingkat pelayanan dan keamanan yang lebih baik dari jalan umum sebagaimana diatur pada standar pelayanan minimum (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2014). Dalam hal ini, perkerasan jalan merupakan salah satu faktor penting dalam menciptakan jalan tol yang nyaman dan aman bagi pengguna nya. Setiap perkerasan jalan direncanakan memiliki umur rencana, namun pada kenyataannya sering kali perkerasan sudah mengalami kerusakan sebelum umur rencana tercapai. Kerusakan jalan terjadi semakin cepat karena jalan terbebani melebihi kapasitasnya (Saleh et al., 2009).

Berdasarkan data Asosiasi Jalan Tol Indonesia (ATI) kendaraan yang paling banyak melakukan pelanggaran Over Dimension dan Over Load (ODOL) adalah golongan II dan III. Praktik kendaraan ODOL dinilai sangat merugikan operator jalan tol dan meningkatkan risiko kecelakaan, serta inefisiensi akibat kondisi jalan rusak yang ditimbulkan. Kerusakan jalan akibat ODOL juga memicu peningkatan anggaran untuk pemeliharaan jalan nasional, jalan tol, dan jalan provinsi dengan rata-rata Rp 43,45 T per tahun (Badan Pengatur Jalan Tol, 2022).

Kenaikan biaya pemeliharaan jalan di ruas-ruas jalan Tol diperkirakan akibat tingginya beban kendaraan angkutan barang, menyebabkan adanya kerusakan jalan yang lebih cepat dari waktu yang direncanakan (Iskandar, 2009). Penerapan kebijakan Zero Over Dimension and Over Load (ODOL) hingga saat ini terus berlarut-larut dari semua ditargetkan mulai tahun 2020 hingga saat ini kendaraan dengan beban berlebih masih tetap beroperasi (Antono, 2022).

Heavy Vehicle Fee Swiss (HVF) atau juga disebut Leistungsabhaengige Schwerverkehrsabgabe (LSVA) adalah contoh sukses penerapan penetapan tarif kendaraan berat berbasis jarak (Ruesch, 2004). Tarif LSVA dikenakan pada kendaraan yang melebihi 3,5 ton, biaya yang dikeluarkan sebanding dengan berat dan jarak tempuh di semua jalan (Rapp & Balmer, 2004).

Penelitian ini dilakukan untuk memodelkan perhitungan denda kendaraan dengan beban berlebih. Besaran denda ditentukan berdasarkan berat (weight-based fare) berbanding jarak tempuh. Denda tersebut dihitung berdasarkan pelanggaran kelebihan beban yang diangkut, sehingga pengguna jalan tol bukan hanya dikenakan tarif berdasarkan pemanfaatan ruang jalan tetapi juga kontribusi kendaraannya terhadap penurunan kondisi jalan.

Dengan adanya denda progresif tersebut diharapkan dapat menurunkan praktik kendaraan dengan muatan berlebih dan juga sebagai substitusi dari peningkatan biaya pemeliharaan jalan. Adanya denda diharapkan dapat mengurangi praktik overload dan menutupi biaya perbaikan jalan yang diakibatkan oleh kendaraan berat tersebut. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berkontribusi pada pemahaman dampak overload, tetapi juga memberikan pendekatan baru yang dapat diimplementasikan dalam kebijakan pengelolaan jalan tol.

Kendaraan Over Dimension Over Load (ODOL)

Secara definisi, overload adalah suatu kondisi di mana kendaraan mengangkut muatan yang melebihi batas beban yang ditetapkan. Sementara overdimension adalah suatu kondisi di mana dimensi pengangkut kendaraan tidak sesuai dengan standar produksi dan ketentuan peraturan (Gautama et al., 2022). Kelebihan beban adalah ketika berat kendaraan pengangkut melebihi jumlah berat yang diizinkan (JBI) atau muatan sumbu terberat (MST) (Sianipar, 2020).

Daya rusak yang dihasilkan setiap kendaraan berbeda-beda. Semakin tinggi beban yang melebihi batas yang diperbolehkan maka permukaan jalan akan semakin cepat mengalami kerusakan (Rahmawati et al., 2020). Apabila peningkatan beban kendaraan tidak diimbangi dengan distribusi muatan yang baik maka nilai Vehicle Damage Factor (VDF) akan meningkat. Oleh karena itu, kinerja jalan dapat mengalami penurunan untuk mendukung beban lalu lintas selama umur layanan desain (Erzag et al., 2024).

Tarif Kendaraan Berat

Banyak negara Eropa telah mengenakan tarif tol pada sistem jalan raya nasional mereka selama beberapa dekade, namun tren yang muncul adalah tarif tol yang ditargetkan pada kendaraan barang berat atau Heavy Goods Vehicle (HGV) (Broaddus & Gertz, 2008). Rapp dan Balmer (2004) menjelaskan gagasan penerapan pengambilan tarif dari kendaraan berat terkait jarak dimulai pada tahun 1998. Gagasan ini seiring pesatnya peningkatan angkutan barang menggunakan moda transportasi jalan raya dari 48 menjadi 73 persen, sehingga perkeretaapian menjadi semakin tidak mampu bersaing. Hal ini menimbulkan sentimen negatif publik Swiss yang menghendaki pengalihan lalu lintas barang dari jalan raya ke kereta api. Mayoritas penduduk Swiss menyetujui biaya kendaraan berat terkait jarak yang disebut LSVA (*Leistungsabhangige Schwerverkehrsabgabe*).

Biaya (disebut LSVA) dikenakan pada kendaraan yang melebihi 3,5 ton dan sebanding dengan jarak tempuh di semua jalan (Aditama, 2017). Biayanya juga tergantung pada berat muatan maksimum dan nilai emisi kendaraan. Dana sebesar 2/3 dari total pendapatan digunakan untuk membiayai proyek perkeretaapian termasuk dua terowongan kereta api yang melintasi Pegunungan Alpen.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan secara sistematis melalui beberapa tahapan. Dimulai dari perumusan masalah yang jelas dan spesifik, dilanjutkan dengan kajian pustaka untuk menggali teori-teori yang relevan. Selanjutnya, dilakukan pengumpulan data menggunakan instrumen penelitian yang valid dan reliabel, kemudian data dianalisis untuk menentukan besaran denda yang akan diterapkan.

Pengumpulan data

Pada tahap ini, pengumpulan data menjadi langkah awal yang krusial dalam penelitian untuk memahami dan menganalisis kondisi jalan tol Surabaya - Gempol terkait dampak beban berlebih kendaraan terhadap biaya pemeliharaan. Data yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari PT. Jasa Marga Tollroad Maintenance (JMTM), yang menyediakan berbagai jenis data sekunder yang relevan. Data yang dikumpulkan meliputi:

1. Data Volume Lalu Lintas: Data ini memberikan gambaran mengenai volume dan jenis kendaraan yang melintas di jalan tol.
2. Data Weight in Motion (WIM): Data digunakan untuk mengidentifikasi kendaraan yang melebihi batas muatan yang diizinkan.
3. Data Lendutan: Data ini diperlukan untuk menentukan kebutuhan tebal lapis tambah perkerasan untuk selanjutnya menentukan jenis pemeliharaan segmen jalan tol.

Data yang dikumpulkan akan menjadi dasar analisis kuantitatif untuk mengukur tingkat kerusakan jalan dan kebutuhan penanganan yang diakibatkan oleh muatan

berlebih. Selanjutnya dilakukan estimasi biaya pemeliharaan yang diperlukan untuk mengembalikan kondisi jalan.

Analisis Pengolahan Data

Di dalam penelitian ini, penyelesaian rumusan masalah akan memakai metode analisis sebagai berikut:

1. Menganalisis data beban kendaraan untuk menentukan karakteristik beban lalu lintas yang melalui ruas jalan.
2. Menganalisis data lalu lintas yang telah disesuaikan dengan pelanggaran akan dianalisis besarnya persentase berdasarkan golongan kendaraan. Sehingga dari persentase itulah dapat diketahui karakter kendaraan yang melewati ruas jalan tersebut dan akibat yang ditimbulkan dapat diprediksi.
3. Menghitung VDF (Vehicle Damage Factor) normal dan VDF (Vehicle Damage Factor) overload. VDF dihitung berdasarkan beban sumbu standar atau batas jumlah berat yang diizinkan (JBI) untuk masing-masing jenis kendaraan. Selanjutnya, untuk mensimulasikan kondisi beban berlebih, peneliti melakukan peningkatan beban secara bertahap pada setiap sumbu kendaraan.
4. Menghitung CESAL (Cumulative Equivalent Standard Axle Loads) selama 10 tahun dengan berbagai skenario beban kendaraan, mulai dari kondisi normal hingga peningkatan beban berlebih hingga 30%.
5. Menghitung kebutuhan tebal Lapis tambah dan menentukan jenis penanganan dengan berbagai skenario beban kendaraan.
6. Menghitung biaya perawatan dengan dengan berbagai skenario beban kendaraan.
7. Menghitung denda dengan berbagai skenario beban kendaraan.

Hasil dan Pembahasan

Identifikasi Kendaraan Dengan Beban Berlebih

Persentase jenis kendaraan untuk masing – masing golongan kendaraan pada penelitian ini ditentukan dari data WIM Bulan Juni Tahun 2022. Berdasarkan Tabel 1 diketahui bahwa komposisi kendaraan tertinggi adalah kendaraan truk 2 sumbu sebanyak 75.1%. Secara jumlah, kendaraan truk 2 sumbu paling sering melakukan overload di mana 42% dari 2087 kendaraan mengangkut beban melebihi jumlah berat yang diizinkan (JBI).

Tabel 1. Persentase Kendaraan Niaga pada Jalan Tol Surabaya – Gempol

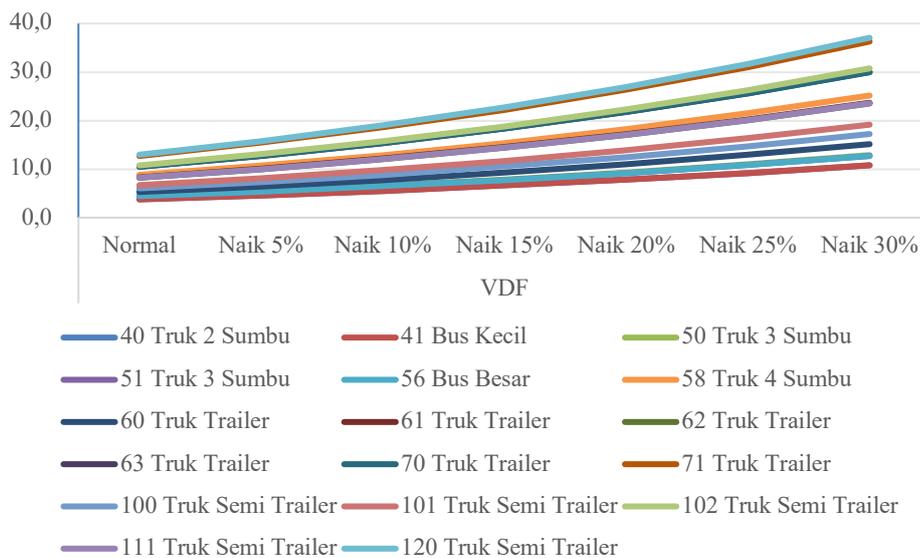
Kelas	Golongan Kend	Jenis Kendaraan	Konfigurasi Sumbu	Jumlah Kend	Persentase Kendaraan		
					Kend	Normal	Overload
40	6B	Truk 2 Sumbu	1.2	2087	75.10%	58%	42%
41	5B	Bus Kecil	1.2	304	10.94%	95%	5%
50	7A	Truk 3 Sumbu	11.2	2	0.07%	36%	64%
51	7A	Truk 3 Sumbu	1.22	232	8.34%	41%	59%
60	7B	Truk Trailer	1.2-1	2	0.07%	31%	69%
61	7B	Truk Trailer	1.2-2.2	24	0.87%	37%	63%
62	7B	Truk Trailer	1.2-22	91	3.27%	71%	29%
63	7B	Truk Trailer	1.2-2.22	6	0.21%	70%	30%
70	7B	Truk Trailer	1.22-2.2	1	0.02%	0%	100%
71	7B	Truk Trailer	1.22-2.22	0	0.01%	0%	100%
100	8	Truk Semi Trailer	1.2-2	1	0.04%	75%	25%
101	8	Truk Semi Trailer	1.2-22	2	0.06%	83%	17%
102	8	Truk Semi Trailer	1.2-222	19	0.69%	76%	24%
111	8	Truk Semi Trailer	1.22-2	0	0.01%	0%	100%
120	8	Truk Semi Trailer	1.22-222	6	0.22%	81%	19%
Total				2779	100.00%		

Kendaraan dengan kategori beban normal merujuk pada segala jenis kendaraan yang telah dirancang dan dioperasikan dalam batas-batas beban yang telah ditetapkan oleh peraturan yang berlaku. Beban maksimal yang diperbolehkan untuk setiap jenis kendaraan secara rinci tercantum pada Tabel 2.2. Batas beban ini mencakup total berat kendaraan, jumlah berat pada masing masing sumbu, dan konfigurasi sumbu. Jika sebuah kendaraan melebihi batas beban yang telah ditentukan, maka kendaraan tersebut dikategorikan sebagai kendaraan dengan muatan berlebih (overload).

Vehicle Damage Factor (VDF)

Gambar 1 menunjukkan hubungan antara pertambahan muatan berlebih (overload) pada berbagai jenis kendaraan berat dan nilai Vehicle Damage Factor (VDF). VDF adalah faktor yang menggambarkan kontribusi kendaraan terhadap kerusakan jalan. Peningkatan Muatan Berlebih Meningkatkan VDF. Secara umum, seiring dengan peningkatan persentase muatan berlebih (dari normal hingga 30%), nilai VDF untuk semua jenis kendaraan meningkat. Ini menunjukkan bahwa beban tambahan secara signifikan meningkatkan potensi kerusakan jalan yang ditimbulkan oleh setiap kendaraan. Kendaraan kelas 120 truk semi trailer memiliki nilai VDF terbesar jika melakukan pengangkutan melebihi jumlah berat yang diizinkan (JBI).

Secara keseluruhan, grafik ini mengilustrasikan bahwa peningkatan muatan berlebih tidak hanya meningkatkan VDF, tetapi juga memperbesar risiko kerusakan pada infrastruktur jalan, terutama dari kendaraan berat dengan banyak sumbu.



Gambar 1. Grafik Pertambahan Muatan Berlebih Terhadap Nilai VDF

Beban Sumbu Standar Kumulatif

Tabel 2 menunjukkan hasil Analisis CESAL (Cumulative Equivalent Standard Axle Loads) selama 10 tahun dengan berbagai skenario beban kendaraan, termasuk beban normal dan beban overload yang meningkat dari 5% hingga 30%. Tabel 4.9 dan Gambar 4.2 menunjukkan peningkatan beban overload meningkatkan CESAL. Seiring dengan peningkatan persentase beban overload, nilai CESAL juga meningkat secara signifikan setiap tahunnya. Misalnya, pada tahun pertama, nilai CESAL untuk kondisi normal adalah 6,977,951, sedangkan pada kondisi overload 30% mencapai 19,929,725, hampir tiga kali lipat dari nilai normal.

Nilai CESAL menunjukkan peningkatan yang semakin besar setiap tahun, baik pada kondisi normal maupun dengan overload. Pada tahun ke-10, nilai CESAL untuk kondisi normal adalah 87,074,620, sedangkan untuk kondisi overload 30% mencapai 248,693,822, yang menunjukkan peningkatan beban kumulatif yang sangat besar. Dampak overload sangat signifikan, dengan kenaikan setiap 5% dari jumlah berat yang diizinkan (JBI), terdapat peningkatan yang signifikan dalam nilai CESAL.

Tabel 2. Peningkatan CESAL Selama 10 Tahun

Tahun	Nilai CESAL berdasarkan simulasi Peningkatan Beban						
	Normal	Overload 5%	Overload 10%	Overload 15%	Overload 20%	Overload 25%	Overload 30%
1	6,977,951	8,481,743	10,216,418	12,204,479	14,469,479	17,036,013	19,929,725
2	14,292,936	17,373,154	20,926,288	24,998,435	29,637,833	34,894,864	40,822,056
3	21,961,236	26,694,020	32,153,446	38,410,339	45,538,819	53,616,299	62,723,486
4	29,999,914	36,465,084	43,922,875	52,470,038	62,207,823	73,241,979	85,682,756
5	38,426,861	46,708,090	56,260,767	67,208,820	79,681,939	93,815,579	109,750,958
6	47,260,829	57,445,833	69,194,580	82,659,486	98,000,055	115,382,884	134,981,654
7	56,521,478	68,702,210	82,753,096	98,856,418	117,202,937	137,991,889	161,430,993
8	66,229,416	80,502,269	96,966,488	115,835,663	137,333,317	161,692,910	189,157,835
9	76,406,248	92,872,271	111,866,387	133,635,005	158,435,995	186,538,690	218,223,884
10	87,074,620	105,839,745	127,485,951	152,294,055	180,557,932	212,584,522	248,693,822

Perhitungan Denda

yang disajikan memperlihatkan tarif denda yang dikenakan untuk kendaraan dengan beban berlebih berdasarkan estimasi CESAL selama 10 tahun. ketika terjadi beban berlebih, tarif denda mulai diterapkan dan meningkat seiring dengan peningkatan persentase beban yang melebihi kapasitas standar.

$$Denda_i = \frac{\alpha \times \Delta \text{Biaya Pemeliharaan}}{LHR \times 365}$$

(Error! No text of specified style in document..1)

dengan:

Denda i = Denda kendaraan jenis kendaraan i dengan muatan tertentu

$\alpha = ([CESA\ kend] _i) / (\sum CESA)$

$\Delta \text{Biaya Pemeliharaan}$ = Selisih biaya pemeliharaan akibat beban berlebih dengan biaya pemeliharaan normal

LHR = Lalu Lintas Harian Rata-rata

Tabel 3. Perhitungan Denda Muatan Berlebih

No	Skenario Muatan Berlebih	α	$\Delta \text{Biaya Pemeliharaan}$	LHR	Denda	Denda/km
40	Truk 2 Sumbu					
1	Muatan Berlebih 5%	0.3394	10,893,641,618	5459	1,855.7	43.0
2	Muatan Berlebih 10%	0.3394	74,683,684,267	5459	12,722.0	294.5
3	Muatan Berlebih 15%	0.3394	117,969,354,199	5459	20,095.5	465.2
4	Muatan Berlebih 20%	0.3394	137,509,012,323	5459	23,424.0	542.2
5	Muatan Berlebih 25%	0.3394	176,054,368,018	5459	29,990.0	694.2
6	Muatan Berlebih 30%	0.3394	195,619,191,179	5459	33,322.7	771.4

Tabel 4 merangkum besaran denda per kilometer (denda/km) untuk berbagai jenis kendaraan berdasarkan skenario muatan berlebih dari 5% hingga 30%. Semua jenis kendaraan menunjukkan pola peningkatan denda per kilometer seiring dengan peningkatan persentase muatan berlebih. Hal ini menunjukkan bahwa kebijakan denda

didesain untuk memberikan penalti yang lebih berat kepada kendaraan yang lebih sering melanggar batas muatan. Analisis menekankan pentingnya kepatuhan terhadap batas muatan yang diizinkan, karena semakin besar pelanggaran muatan, semakin tinggi biaya yang harus ditanggung oleh pengemudi atau perusahaan pemilik kendaraan.

Tabel 4. Rangkuman perhitungan denda muatan berlebih

Kelas Kend	Jenis Kendaraan	Denda/km					
		Muatan Berlebih 5%	Muatan Berlebih 10%	Muatan Berlebih 15%	Muatan Berlebih 20%	Muatan Berlebih 25%	Muatan Berlebih 30%
40	Truk 2 Sumbu	42.96	294.49	465.17	542.22	694.21	771.36
41	Bus Kecil	42.96	294.49	465.17	542.22	694.21	771.36
50	Truk 3 Sumbu	51.31	351.76	555.64	647.67	829.22	921.37
51	Truk 3 Sumbu	50.60	346.91	547.98	638.74	817.79	908.67
56	Bus Besar	50.60	346.91	547.98	638.74	817.79	908.67
58	Truk 4 Sumbu	100.14	686.51	1084.41	1264.02	1618.34	1798.18
60	Truk Trailer	60.28	413.25	652.76	760.88	974.16	1082.41
61	Truk Trailer	94.22	645.96	1020.35	1189.36	1522.75	1691.97
62	Truk Trailer	93.68	642.24	1014.47	1182.51	1513.98	1682.22
63	Truk Trailer	119.31	817.98	1292.06	1506.07	1928.24	2142.53
70	Truk Trailer	119.31	817.98	1292.06	1506.07	1928.24	2142.53
71	Truk Trailer	144.40	989.99	1563.78	1822.79	2333.74	2593.09
100	Truk Semi Trailer	68.59	470.23	742.76	865.79	1108.48	1231.67
101	Truk Semi Trailer	76.24	522.65	825.57	962.31	1232.06	1368.98
102	Truk Semi Trailer	122.40	839.14	1325.50	1545.05	1978.14	2197.97
111	Truk Semi Trailer	93.68	642.24	1014.47	1182.51	1513.98	1682.22
120	Truk Semi Trailer	147.49	1011.16	1597.21	1861.76	2383.64	2648.53

Pengklasifikasian denda berdasarkan golongan kendaraan

Untuk mempermudah proses perhitungan denda progresif, kendaraan berat akan diklasifikasikan menjadi empat golongan sesuai dengan sistem tiket tol yang berlaku saat ini. Pembagian golongan ini didasarkan pada pertimbangan praktis dan efisiensi operasional.

Tabel 5 sampai Tabel 6 menunjukkan bahwa besaran denda pada setiap golongan cenderung seragam, dengan koefisien variasi kurang dari 30%. Hal ini mengindikasikan bahwa pendekatan klasifikasi berdasarkan golongan tol dapat memberikan hasil perhitungan denda yang cukup representatif. Sistem denda yang progresif ini bertujuan untuk memberikan efek jera kepada para pelanggar dan mendorong mereka untuk mematuhi peraturan lalu lintas.

Denda per kilometer untuk kendaraan dikategorikan ke dalam beberapa golongan dengan tingkat kelebihan muatan yang berbeda, antara lain:

- a. Golongan II; Mencakup truk 2 sumbu dan bus kecil, memiliki rata-rata denda mulai dari Rp42.96 per kilometer untuk muatan berlebih sebesar 5% hingga Rp771.36 per kilometer untuk muatan berlebih sebesar 30%, tanpa variasi antar kendaraan dalam golongan ini.
- b. Golongan III; Meliputi truk 3 sumbu dan bus besar, menunjukkan rata-rata denda yang berkisar dari Rp50.84 per kilometer hingga Rp912.90 per kilometer sesuai

- dengan tingkat kelebihan muatan, dengan variasi yang relatif kecil ditandai oleh koefisien variasi sebesar 0,80%.
- c. Golongan IV; Mencakup truk 4 sumbu dan berbagai jenis truk trailer, rata-rata denda meningkat signifikan dari Rp87.08 per kilometer untuk muatan berlebih 5% hingga Rp1,485.54 per kilometer untuk muatan berlebih 30%, dengan variasi yang lebih besar terlihat pada koefisien variasi sebesar 21,89%.
 - d. Golongan V, Terdiri dari truk trailer dan semi-trailer, memiliki rata-rata denda mulai dari Rp111.43 per kilometer untuk muatan berlebih 5% hingga Rp2,000.94 per kilometer untuk muatan berlebih 30%, dengan variasi denda yang cukup signifikan, tercermin dari koefisien variasi sebesar 26,32%. Secara keseluruhan, denda per kilometer meningkat seiring dengan bertambahnya tingkat kelebihan muatan dan kompleksitas kendaraan, dengan variasi denda yang lebih besar pada kendaraan di golongan yang lebih tinggi.

Analisis koefisien variasi yang menghasilkan nilai di bawah 30% menunjukkan bahwa klasifikasi denda yang diterapkan cukup representatif dan konsisten. Akan tetapi jika dilihat lebih lanjut, semakin sedikit jenis kendaraan ternyata berkorelasi dengan koefisien variasi yang semakin kecil. Ini mengindikasikan bahwa dengan mengurangi keragaman jenis kendaraan, kita dapat memperoleh klasifikasi denda yang lebih konsisten.

Sistem klasifikasi yang terlalu sederhana juga dapat mengurangi fleksibilitas dalam merespons perubahan kondisi lalu lintas atau jenis kendaraan baru. Sebagai alternatif untuk memberikan sistem denda yang konsisten dapat dilakukan dengan menambah klasifikasi golongan kendaraan dengan karakteristik yang lebih seragam.

Jika teknologi sudah memungkinkan pengembangan sistem denda dinamis untuk masing-masing jenis kendaraan, maka akan menghasilkan denda yang lebih spesifik, sesuai besaran pengaruh kerusakan dari setiap kendaraan. Dengan membangun sistem dinamis, tarif dapat beradaptasi dengan perubahan kondisi lalu lintas dan jenis kendaraan.

Tabel 5. Denda Golongan II

Kelas Kendaraan	Jenis Kendaraan	Denda/km					
		Muatan Berlebih 5%	Muatan Berlebih 10%	Muatan Berlebih 15%	Muatan Berlebih 20%	Muatan Berlebih 25%	Muatan Berlebih 30%
Golongan II							
40	Truk 2 Sumbu	42.96	294.49	465.17	542.22	694.21	771.36
41	Bus Kecil	42.96	294.49	465.17	542.22	694.21	771.36
	Rata Rata	42.96	294.49	465.17	542.22	694.21	771.36
	Deviasi Standar	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Koef. Variasi	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabel 1. Denda Golongan III

Kelas Kendaraan	Jenis Kendaraan	Denda/km					
		Muatan Berlebih 5%	Muatan Berlebih 10%	Muatan Berlebih 15%	Muatan Berlebih 20%	Muatan Berlebih 25%	Muatan Berlebih 30%
Golongan III							
50	Truk 3 Sumbu	51.31	351.76	555.64	647.67	829.22	921.37
51	Truk 3 Sumbu	50.60	346.91	547.98	638.74	817.79	908.67
56	Bus Besar	50.60	346.91	547.98	638.74	817.79	908.67
	Rata Rata	50.84	348.53	550.53	641.72	821.60	912.90
	Deviasi Standar	0.41	2.80	4.42	5.15	6.60	7.33
	Koef. Variasi	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80

Tabel 2. Denda Golongan IV

Kelas Kendaraan	Jenis Kendaraan	Denda/km					
		Muatan Berlebih 5%	Muatan Berlebih 10%	Muatan Berlebih 15%	Muatan Berlebih 20%	Muatan Berlebih 25%	Muatan Berlebih 30%
Golongan IV							
58	Truk 4 Sumbu	100.14	686.51	1084.41	1264.02	1618.34	1798.18
60	Truk Trailer	60.28	413.25	652.76	760.88	974.16	1082.41
61	Truk Trailer	94.22	645.96	1020.35	1189.36	1522.75	1691.97
62	Truk Trailer	93.68	642.24	1014.47	1182.51	1513.98	1682.22
	Rata Rata	87.08	567.15	895.86	1044.25	1336.96	1485.54
	Deviasi Standar	18.11	124.13	196.07	228.54	292.61	325.13
	Koef. Variasi	20.79	21.89	21.89	21.89	21.89	21.89

Tabel 3. Denda Golongan V

Kelas Kendaraan	Jenis Kendaraan	Denda/km					
		Muatan Berlebih 5%	Muatan Berlebih 10%	Muatan Berlebih 15%	Muatan Berlebih 20%	Muatan Berlebih 25%	Muatan Berlebih 30%
Golongan V							
63	Truk Trailer	119.31	817.98	1292.06	1506.07	1928.24	2142.53
70	Truk Trailer	119.31	817.98	1292.06	1506.07	1928.24	2142.53
71	Truk Trailer	144.40	989.99	1563.78	1822.79	2333.74	2593.09
100	Truk Semi Trailer	68.59	470.23	742.76	865.79	1108.48	1231.67
101	Truk Semi Trailer	76.24	522.65	825.57	962.31	1232.06	1368.98
102	Truk Semi Trailer	122.40	839.14	1325.50	1545.05	1978.14	2197.97
111	Truk Semi Trailer	93.68	642.24	1014.47	1182.51	1513.98	1682.22
120	Truk Semi Trailer	147.49	1011.16	1597.21	1861.76	2383.64	2648.53
	Rata Rata	111.43	763.92	1206.68	1406.54	1800.82	2000.94
	Deviasi Standar	29.33	201.07	317.61	370.22	473.99	526.67
	Koef. Variasi	26.32	26.32	26.32	26.32	26.32	26.32

Pembahasan

Pada subbab sebelumnya telah dipaparkan hasil penelitian mengenai denda progresif pada kendaraan dengan beban berlebih. Temuan-temuan yang diperoleh menunjukkan bahwa biaya pemeliharaan meningkat secara signifikan seiring dengan bertambahnya persentase muatan berlebih, mulai dari Rp 10,89 miliar pada muatan berlebih 5% hingga mencapai Rp 195,62 miliar pada muatan berlebih 30%. Denda per kilometer juga menunjukkan peningkatan, pada kendaraan truk 2 sumbu denda mulai dari Rp 42,96/km pada 5% muatan berlebih hingga Rp 771,4/km pada 30% muatan berlebih, menandakan bahwa sistem denda dirancang untuk menjadi lebih berat sesuai dengan tingkat pelanggaran.

Temuan selanjutnya adalah Pembagian golongan ini didasarkan pada pertimbangan praktis dan efisiensi operasional. Hasil analisis koefisien variasi yang menghasilkan nilai di bawah 30% menunjukkan bahwa klasifikasi denda yang diterapkan cukup representatif

dan konsisten. Akan tetapi jika dilihat lebih lanjut, semakin sedikit jenis kendaraan ternyata berkorelasi dengan koefisien variasi yang semakin kecil. Sistem klasifikasi yang terlalu sederhana juga dapat mengurangi fleksibilitas dalam merespons perubahan kondisi lalu lintas atau jenis kendaraan baru.

Berdasarkan hasil tersebut, bab ini akan mendiskusikan secara mendalam implikasi dari temuan-temuan tersebut terhadap penerapan sistem tarif dinamis. Jika teknologi sudah memungkinkan pengembangan sistem denda dinamis untuk masing-masing jenis kendaraan, maka akan menghasilkan denda yang lebih spesifik sesuai besaran pengaruh kerusakan dari setiap kendaraan.

Tarif dinamis

Tarif dinamis adalah strategi manajemen lalu lintas canggih yang memanfaatkan prinsip-prinsip teknologi dan ekonomi untuk mengoptimalkan penggunaan jalan raya dan meningkatkan pendapatan (Harto et al., 2023). Biaya bervariasi sesuai dengan perubahan tertentu seperti tingkat kemacetan atau emisi.

Selama beberapa dekade terakhir, teknik penetapan harga dinamis telah mulai memainkan peran kunci dalam berbagai bidang Intelligent Transportation Systems (ITS), seperti penetapan harga tarif, penetapan harga pengisian kendaraan listrik, penetapan harga parkir, dan penetapan harga kemacetan (Saharan et al., 2020). Teknik ini memerlukan variasi harga sesuai dengan kondisi pasar, sebagai respons terhadap ketidakseimbangan permintaan-penawaran (Jaya, 2021). Penetapan harga tol dinamis adalah varian dari penetapan harga kemacetan yang mana tarif tol bervariasi secara real-time sebagai fungsi dari kondisi lalu lintas saat ini, dibandingkan dengan tol tetap, yang tetap konstan dari waktu ke waktu, dan tol terjadwal, yang mana tarif tol bervariasi berdasarkan waktu dalam sehari, hari dalam seminggu atau musim mengikuti jadwal yang telah ditentukan (Saharan et al., 2020).

Rekomendasi Praktis

Gap teknologi yang signifikan menghambat optimalisasi penerapan tarif tol dinamis di Indonesia. Meskipun teknologi seperti sensor kendaraan, sistem pengolahan data real-time, dan aplikasi mobile telah tersedia, namun investasi yang dibutuhkan untuk mengintegrasikan teknologi-teknologi tersebut ke dalam sistem tol yang ada masih sangat besar (Setianto & Anandhita, n.d.). Akibatnya, banyak ruas tol yang masih mengandalkan sistem pembayaran konvensional yang kurang fleksibel dalam menyesuaikan tarif secara dinamis. Hal ini berdampak pada efisiensi sistem dan pengalaman pengguna jalan, serta menghambat upaya pemerintah untuk mencapai distribusi lalu lintas yang lebih optimal. Untuk mengatasi masalah ini, diperlukan upaya bersama dari pemerintah, operator jalan tol, dan sektor swasta untuk mengembangkan solusi teknologi yang lebih terjangkau dan efisien.

Untuk mewujudkan tarif tol yang lebih dinamis dan disesuaikan dengan beban jalan, perlu diimplementasikan sistem penimbangan kendaraan secara otomatis. Caranya adalah dengan memasang sensor timbangan di setiap gerbang tol. Data berat kendaraan yang diperoleh dari sensor ini kemudian akan diintegrasikan langsung dengan sistem pembayaran elektronik (e-toll). Dengan demikian, tarif tol dapat dihitung secara real-time berdasarkan berat kendaraan yang melintas, sehingga beban jalan dapat didistribusikan secara lebih adil.

Sebagai upaya mendorong penggunaan kendaraan yang lebih ringan dan ramah lingkungan, perlu diterapkan sistem tarif progresif yang memberikan insentif bagi

kendaraan-kendaraan tersebut. Konsepnya sederhana: semakin berat kendaraan, maka tarif tol yang dikenakan juga semakin tinggi. Sebaliknya, kendaraan ringan atau kendaraan listrik akan mendapatkan tarif yang lebih rendah. Dengan demikian, pengguna akan termotivasi untuk beralih ke kendaraan yang lebih efisien dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan.

Perilaku Pengguna

Perilaku pengguna dapat dikaji lebih lanjut karena dengan penerapan denda, belum tentu pengguna jalan akan cenderung patuh. Pengguna jalan mungkin akan memaksimalkan didenda hingga kondisi tertentu selama secara perhitungan biaya operasional masih menguntungkan. Fenomena ini sejalan dengan teori ekonomi perilaku yang menunjukkan bahwa manusia seringkali tidak selalu bertindak rasional dalam mengambil keputusan. Faktor-faktor seperti emosi, kebiasaan, dan persepsi risiko dapat mempengaruhi keputusan seseorang, termasuk keputusan untuk melanggar atau mematuhi aturan lalu lintas.

Pengguna jalan cenderung melakukan perhitungan biaya-manfaat secara informal. Jika biaya melanggar (denda) dianggap lebih rendah dibandingkan manfaat yang diperoleh (misalnya, menghemat waktu), maka kemungkinan besar mereka akan tetap melanggar. Selain besarnya denda, sejumlah faktor eksternal juga turut mempengaruhi perilaku pengguna jalan. Penegakan hukum yang konsisten dan efektif menjadi kunci utama. Jika pengguna jalan merasa bahwa risiko tertangkap dan dikenai sanksi sangat kecil, mereka cenderung mengabaikan aturan lalu lintas. Sosialisasi dan kesadaran masyarakat akan pentingnya keselamatan lalu lintas juga tak kalah penting. Semakin tinggi kesadaran masyarakat, semakin besar kemungkinan mereka untuk mematuhi aturan.

Kesimpulan

Berdasarkan analisis data dan simulasi yang dilakukan, terungkap bahwa kendaraan dengan muatan berlebih secara signifikan berkontribusi terhadap peningkatan biaya pemeliharaan jalan. Kendaraan yang membawa muatan melebihi batas yang diizinkan menyebabkan kerusakan jalan yang lebih cepat dan lebih parah dibandingkan dengan kendaraan yang mematuhi batasan muatan. Hal ini memaksa pihak pengelola jalan untuk meningkatkan frekuensi dan intensitas pemeliharaan, yang pada akhirnya menyebabkan peningkatan biaya perawatan. Pada kondisi normal, total biaya pemeliharaan mencapai sekitar Rp197,2 miliar. Namun, dengan beban berlebih mulai dari 5% hingga 30%, total biaya meningkat secara bertahap, mencapai Rp392,8 miliar pada skenario beban berlebih 30%.

Berdasarkan berbagai skenario yang diuji. Kendaraan Berat dapat diklasifikasikan menjadi empat golongan sesuai dengan sistem tiket tol yang berlaku saat ini. Denda per kilometer untuk kendaraan dikategorikan ke dalam beberapa golongan dengan tingkat kelebihan muatan yang berbeda. Golongan II, yang mencakup truk 2 sumbu dan bus kecil, memiliki rata-rata denda mulai dari Rp42.96 per kilometer untuk muatan berlebih sebesar 5% hingga Rp771.36 per kilometer untuk muatan berlebih sebesar 30%, tanpa variasi antar kendaraan dalam golongan ini. Golongan III, yang meliputi truk 3 sumbu dan bus besar, menunjukkan rata-rata denda yang berkisar dari Rp50.84 per kilometer hingga Rp912.90 per kilometer sesuai dengan tingkat kelebihan muatan, dengan variasi yang relatif kecil ditandai oleh koefisien variasi sebesar 0,80%. Untuk Golongan IV, yang mencakup truk 4 sumbu dan berbagai jenis truk trailer, rata-rata denda meningkat

signifikan dari Rp87.08 per kilometer untuk muatan berlebih 5% hingga Rp1,485.54 per kilometer untuk muatan berlebih 30%, dengan variasi yang lebih besar terlihat pada koefisien variasi sebesar 21,89%. Sementara itu, Golongan V, yang terdiri dari truk trailer dan semi-trailer, memiliki rata-rata denda mulai dari Rp111.43 per kilometer untuk muatan berlebih 5% hingga Rp2,000.94 per kilometer untuk muatan berlebih 30%, dengan variasi denda yang cukup signifikan, tercermin dari koefisien variasi sebesar 26,32%.

BIBLIOGRAFI

- Aditama, B. C. (2017). Analisis Penentuan Tarif Dana Presrvasi Bagi Pengguna Jalan Kendaraan Truk Bermuatan Berat (Studi Kasus Ruas Jalan Lingkar Utara Kota Probolinggo). *Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya*.
- Antono, L. (2022). Implementasi kebijakan IDIL dalam upaya meningkatkan sistem pengawasan dan pengendalian muatan angkutan barang. *Jurnal Ilmiah Multidisiplin Indonesia, 1*, 1720–1729.
- Badan Pengatur Jalan Tol. (2022). *Dampak dari kendaraan over dimension over loading (ODOL) yang melintas di jalan tol*. Retrieved January 13, 2023, from <https://bpjt.pu.go.id/berita/dampak-dari-kendaraan-over-dimension-over-loading-odol-yang-melintas-di-jalan-tol>
- Broaddus, A., & Gertz, C. (2008). Tolling Heavy Goods vehicles: Overview of European Practice and Lessons from German Experience. *Transportation Research Record, 2066*.
- Erzag, A. N., Sentosa, L., & Putra, B. H. R. (2024). Perbandingan VDF Jembatan Timbang Tanjung Balik Terhadap VDF MDPJ 2017 Berdasarkan Beban Aktual. *Cantilever: Jurnal Penelitian Dan Kajian Bidang Teknik Sipil, 12(2)*. <https://doi.org/10.35139/cantilever.v12i2.191>
- Gautama, N. W., Dewi, P. A. G. K., Sadri, P. D. A., Pribadi, O. S., Istiyanto, B., Soimun, A., Navianti, D. R., & Darmayanti, N. L. (2022). Sosialisasi zero over dimension over loading (odol) kepada pengemudi dan pemilik angkutan barang di terminal barang dishub kota denpasar. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Semangat Nyata Untuk Mengabdi (JKPM Senyum), 2(1)*, 9–14.
- Harto, B., Rukmana, A. Y., Boari, Y., Rusliyadi, M., Aldo, D., Juliawati, P., & Dewi, Y. A. (2023). *WIRAUSAHA BIDANG TEKNOLOGI INFORMASI: Peluang usaha dalam meyongsong era society 5.0*. PT. Sonpedia Publishing Indonesia.
- Iskandar, H. (2009). Kajian Penyesuaian Golongan dan Tarif Tol dengan Mempertimbangkan Pengrusakan Perkerasan Jalan oleh Kendaraan Berat. *Jurnal Jalan Dan Jembatan, 26(15)*.
- Jaya, W. K. (2021). *Ekonomi Kelembagaan: Studi Kasus pada Transportasi Darat dan Bauran*. PT Elex Media Komputindo.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2014). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia No. 16/PRT/M/2014 tentang standar pelayanan minimal jalan tol*. Jakarta.
- Rahmawati, A., Iqbal, M., & Adly, E. (2020). Evaluasi Tebal Perkerasan Lentur Akibat Beban Berlebih Dengan Metode Austroads Menggunakan Program Circly 6.0. *Dinamika Rekayasa, 16(2)*. <https://doi.org/10.20884/1.dr.2020.16.2.309>

- Rapp, M. H., & Balmer, U. (2004). The Swiss distance related heavy vehicle fee (LSVA)—A novel approach to area-wide road charging. *Rapp Trans, AG, Basel, 2004*.
- Ruesch, M. (2004). Road pricing and urban freight transport: Practices and developments from the BESTUFS project. *WIT Transactions on the Built Environment, 75*.
- Saharan, S., Bawa, S., & Kumar, N. (2020). Dynamic pricing techniques for Intelligent Transportation System in smart cities: A systematic review. In *Computer Communications* (Vol. 150). <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2019.12.003>
- Saleh, S. M., Tamin, O. Z., Sjafruddin, A., & Frazila, R. B. (2009). Pengaruh muatan truk berlebih terhadap biaya pemeliharaan jalan. *Jurnal Transportasi, 9*(1).
- Setianto, B. D., & Anandhita, G. (n.d.). *Unika Dalam Wacana Publik 2017-2018: Transformasi Inspiratif*. SCU Knowledge Media.
- Sianipar, A. (2020). Analisis Distribusi Beban pada Kendaraan Angkutan Barang Sesuai dengan Konfigurasi Axle. *Warta Penelitian Perhubungan, 32*(1), 11–20.

Copyright holder:

Muizzudin Ridwan, Tri Basuki Joewono (2025)

First publication right:

Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia

This article is licensed under:

